

**OPTICAL REPRODUCTION FOR SOLITON SIGNAL WAVELENGTH MULTIPLEX  
TYPE OPTICAL FIBER TRANSMISSION SYSTEM**

Publication number: JP11032012

Publication date: 1999-02-02

Inventor: BIGO SEBASTIEN; LECLERC OLIVIER

Applicant: ALSTHOM CGE ALCATEL

Classification:




- international: G02F1/35; H04B10/02; H04B10/04; H04B10/06;  
H04B10/14; H04B10/18; H04B10/26; H04B10/28;  
H04J14/00; H04J14/02; G02F1/35; H04B10/02;  
H04B10/04; H04B10/06; H04B10/14; H04B10/18;  
H04B10/26; H04B10/28; H04J14/00; H04J14/02; (IPC1-  
7): H04B10/02; G02F1/35; H04B10/04; H04B10/06;  
H04B10/14; H04B10/18; H04B10/26; H04B10/28;  
H04J14/00; H04J14/02

- European: H04B10/18S

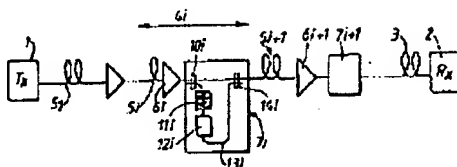
Application number: JP19980035597 19980218

Priority number(s): FR19970001901 19970218

Also published as:

 EP0859482 (A1) US6160650 (A1) FR2759832 (A1) EP0859482 (B1)[Report a data error here](#)**Abstract of JP11032012**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To apply the dispersed optical modulation for all channels by sine curve signals to the respective sections at a prescribed interval by appropriately selecting a set to phase differences or time differences between the solution signals of different channels. **SOLUTION:** A fiber section 4i is constituted of a fiber length 5i, an amplifier 6i and an optical modulation device 7i. The soliton pulses of wavelengths  $\lambda_1$  and  $\lambda_n$  which are transmitted from a transmitter 1 are extracted in the coupler 10i of the optical modulation device 7i, and a first channel for instance is interrupted in a filter 11i. Filtered signals are supplied to a clock recovery means 12i for supplying clock signals to a bit frequency on the output side of a fiber 13i, and the time is shifted by an amount  $\Delta t_i$  with respect to the soliton signals of the first channel. The clock signals of the fiber 13i are supplied to the fiber 5i+1 by the coupler 14i, and the soliton signals of the various channels of multiplex transmission are modulated.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-32012

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 B 10/02

H 0 4 B 9/00

M

10/18

C 0 2 F 1/35

G 0 2 F 1/35

H 0 4 B 9/00

E

H 0 4 J 14/00

Y

14/02

審査請求 未請求 請求項の数18 OL (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平10-35597

(22) 出願日

平成10年(1998) 2月18日

(31) 優先権主張番号

9 7 0 1 9 0 1

(32) 優先日

1997年2月18日

(33) 優先権主張国

フランス (F R)

(71) 出願人 391030332

アルカテル・アルストム・コンパニー・ジ

エネラル・デレクトリシテ

ALCATEL ALSTHOM COM

PAGNIE GENERALE D' E

LECTRICITE

フランス国、75008 パリ、リュ・ラ・ボ

エテイ 54

(72) 発明者 セバスチャン・ピゴ

フランス国、91120・パレゾ、リュ・サン

ト・ジユメビエーブ・17

(74) 代理人 弁理士 川口 義雄 (外1名)

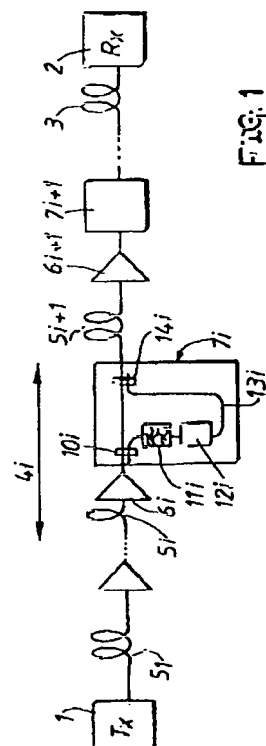
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ソリトン信号波長多重化式光ファイバ伝送システムのための光再生

(57) 【要約】

【課題】 群速度間の差によってひき起こされるスリップにもかかわらず、波長多重ソリトン信号に、振幅または位相分散光変調の周知の解決法を適用できる、ソリトン信号波長多重化式光ファイバ伝送システムを提供する。

【解決手段】 伝送システムの少なくとも一点において、導入されるクロックによる分散光変調の際に、各チャネルについて変調の長さにあわせて積分された位相曲線の極値が、ビット時間の中央と一致するように、さまざまなチャネルのソリトンパルスが所定の基準値に対して時間差を示すことを特徴とする。このシステムにおいて、独特の正弦曲線信号によって多重送信のチャネル群の分散光変調を処理することができる。この変調は、ループ形非線形ミラーの中で、またはさらに伝送ファイバ自体の中で実施可能である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ビット時間（ $1/B$ ）の倍数にはほぼ等しいさまざまなチャンネル間の相対スリップを所与の間隔（ $Z_R$ ）について保証するように、多重送信のさまざまな波長（ $\lambda_1 \sim \lambda_n$ ）が選択される、ソリトン信号波長多重化式光ファイバ伝送システムであって、伝送システムの少なくとも一つの点において、前記の点に導入されるクロックによる分散光変調の際に、各チャンネルについてクロックによって誘導され変調の長さにわたって積分された非線形位相曲線の極値が、ビット時間の中央と一致するように、さまざまなチャンネルのソリトンパルスが所定の基準値に対して時間差を示すことを特徴とする伝送システム。

【請求項2】 多重送信の波長 $\lambda_j$ の全体について、チャンネル $i$ と第一チャンネルとにおける長さの単位当りスリップ差 $\delta\tau_i$ が、次の関係式を満足し、  
 $(k_i \cdot T - T/4) < \delta\tau_i \cdot Z_R < (k_i \cdot T + T/4)$

$$\Delta_i = \frac{-1}{2\pi B} \left\{ \arctan \left[ \frac{\sin(2\pi B \tau_i)}{\cos(2\pi B \tau_i) - 1/\Gamma} \right] - \arctan \left[ \frac{2\pi B \tau_i}{\ln(\Gamma)} \right] \right\}$$

上式で、 $\Gamma$ は間隔 $Z_R$ の長さにわたるファイバにおける全損失を示し、 $\tau_i$ はビット通信量 $B$ によって標準化された間隔 $Z_R$ にわたるチャンネル $i$ とクロックとの間の相対スリップを示すことを特徴とする請求項4に記載の伝送システム。

【請求項6】 光変調装置（ $20_i$ ）が、前記のチャンネルの一部をろ過するための手段（ $10_i$ 、 $11_i$ ）と、ろ過された信号から一つの正弦曲線クロックを回収する

$$\Delta_i = \frac{-1}{\pi B} \left\{ \arctan \left[ \frac{\sin(\pi B \tau_i)}{\cos(\pi B \tau_i) - 1/\Gamma} \right] - \arctan \left[ \frac{\pi B \tau_i}{\ln(\Gamma)} \right] \right\}$$

上式で、 $\Gamma$ はミラーのファイバにおける全損失を示し、 $\tau_i$ はビット通信量 $B$ によって標準化されたミラーにおけるチャンネル $i$ とクロックとの間の相対スリップを示すことを特徴とする請求項4に記載の伝送システム。

【請求項8】 光変調装置における変調によって引き起こされるさまざまなチャンネルの相対的減衰を補償する転送機能を示す、少なくとも一つのフィルタを用いることを特徴とする請求項3から7のいずれか一項に記載の伝送システム。

【請求項9】 前記のフィルタがブラッグフィルタであることを特徴とする請求項8に記載の伝送システム。

【請求項10】 各フィルタ（ $23_i$ ）がループ形非線形ミラーの出力側に配置され、さらにソリトン信号とクロック信号とを確実に分離することを特徴とする請求項8と組み合わせた請求項6または7に記載の伝送システム。

【請求項11】 少なくとも一つのガイドフィルタを用

上式で、 $k_i$ はチャンネルに依存する整数、 $T$ はビット時間であることを特徴とする請求項1に記載の伝送システム。

【請求項3】 前記の間隔（ $Z_R$ ）の倍数の距離で伝送システムに沿って分離された、少なくとも二つの分散光変調装置（ $7_i$ ）を特徴とする請求項1または2に記載の伝送システム。

【請求項4】 光変調装置が、前記のチャンネルの一部をろ過するための手段（ $10_i$ 、 $11_i$ ）と、ろ過された信号から一つの正弦曲線クロックを回収する手段（ $12_i$ ）と、クロックをファイバの中に結合するための手段（ $14_i$ ）とを含むことを特徴とする請求項3に記載の伝送システム。

【請求項5】 各チャンネル $i$ のための時間差 $\Delta_i$ が、次式によって得られ、

【数1】

手段（ $12_i$ ）と、さまざまなチャンネルのソリトン信号が通るループ形非線形ミラー（ $22_i$ ）と、クロックをループ形非線形ミラーの中に結合するための手段（ $24_i$ ）とを含むことを特徴とする請求項3に記載の伝送システム。

【請求項7】 各チャンネル $i$ のための時間差 $\Delta_i$ が次の式によって得られ、

【数2】

いることを特徴とする請求項1から10のいずれか一項に記載の伝送システム。

【請求項12】 ビット時間（ $1/B$ ）の倍数にはほぼ等しいさまざまなチャンネル間の相対スリップを所与の間隔（ $Z_R$ ）について保証するように、多重送信のさまざまな波長が選択される、ソリトン信号波長多重化式光ファイバ伝送システムにおける伝送方法であって、伝送システムの少なくとも一つの点において、前記の点に導入されるクロックによる分散光変調の際に、各チャンネルについてクロックによって誘導され変調の長さにわたって積分された非線形位相曲線の極値が、ビット時間の中央と一致するように、さまざまなチャンネルのソリトンパルスが所定の基準値に対して時間差を示すような、さまざまなチャンネルのソリトンパルスの放射を特徴とするソリトン信号波長多重化式光ファイバ伝送方法。

【請求項13】 多重送信の波長 $\lambda_j$ の全体について、チャンネル $i$ と第一チャンネルとにおける長さの単位当りス

リップ差  $\delta \tau_i$  が、次の関係式を満足し、

$$(k_i \cdot T - T/4) < \delta \tau_i \cdot Z_R < (k_i \cdot T + T/4)$$

上式で、 $k_i$  はチャネルに依存する整数であることを特徴とする請求項12に記載の伝送方法。

【請求項14】 前記の間隔 ( $Z_R$ ) の倍数の距離で、少なくとも一つの分散光変調段階が準備されていることを特徴とする請求項12または13に記載の伝送方法。

$$\Delta_i = \frac{-1}{2\pi B} \left\{ \arctan \left[ \frac{\sin(2\pi B \tau_i)}{\cos(2\pi B \tau_i) - 1/\Gamma} \right] - \arctan \left[ \frac{2\pi B \tau_i}{\ln(\Gamma)} \right] \right\}$$

上式で、 $\Gamma$  は間隔  $Z_R$  の長さにわたるファイバにおける全損失を示し、 $\tau_i$  はビット通信量  $B$  によって標準化された、間隔  $Z_R$  にわたるチャネル  $i$  とクロックとの間の相対スリップを示すことを特徴とする請求項15に記載の伝送方法。

$$\Delta_i = \frac{-1}{\pi B} \left\{ \arctan \left[ \frac{\sin(\pi B \tau_i)}{\cos(\pi B \tau_i) - 1/\Gamma} \right] - \arctan \left[ \frac{\pi B \tau_i}{\ln(\Gamma)} \right] \right\}$$

上式で、 $\Gamma$  はミラーのファイバにおける全損失を示し、 $\tau_i$  はビット通信量  $B$  によって標準化された、ミラーにおけるチャネル  $i$  とクロックとの間の相対スリップを示すことを特徴とする請求項15に記載の伝送方法。

【請求項18】 変調段階によって引き起こされるさまざまなチャネルの相対的減衰を補償する転送機能を示すフィルタによる、少なくとも一つの信号ろ過段階を特徴とする請求項14から17のいずれか一項に記載の伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ビット時間の倍数にはほぼ同じであるさまざまなチャネル間の相対スリップを所定の間隔について保証するように、多重送信のさまざまな波長が選択される、ソリトン信号波長多重化式光ファイバ伝送システムを対象とする。また本発明は、このようなシステムの伝送方法にも関する。

【0002】

【従来の技術】 異常分散光ファイバの一部におけるソリトンパルスまたはソリトンの伝送は周知の現象である。ソリトンは  $\text{sech}^2$  の形式のパルス信号である。このパルス形式によって、ファイバの該当セクションにおける非線形性が光信号の分散を補償する。ソリトンの伝送は、非線形シュレーディンガー方程式によって周知の方法でモデル化される。

【0003】 ソリトンが伝送システムの中に存在するノイズと相互作用することによって誘起されるジッタなどの、さまざまな効果が、このようなパルスの伝送を制限する。このジッタは、J. P. ゴードンと H. A. ハウスの論文 (Optical Letters 第11巻第1

【請求項15】 光変調段階が、ループ形非線形ミラー (22<sub>i</sub>) または伝送ファイバの中に、正弦曲線クロックを用いる分散光変調を含むことを特徴とする請求項14に記載の伝送方法。

【請求項16】 光変調段階が伝送ファイバにおける分散光変調を含み、各チャネル  $i$  のための時間差  $\Delta_i$  が、次式によって得られ、

【数3】

【請求項17】 光変調段階がループ形非線形ミラーにおける分散光変調を含み、各チャネル  $i$  のための時間差  $\Delta_i$  が、次の式によって得られ、

【数4】

0号665～667ページ) に記載されている。ゴードンハウス効果と呼ばれるこの効果は、ソリトンによる伝送の質と通信量とに理論的な限界を課する。

【0004】 この限界を乗り越えるために、半導体変調器の助けによってソリトン信号の同期変調を使用することが可能である。この技法は、半導体変調器の通過周波帯の上限のせいで、ソリトンによる連絡の通信量を本質的に制限する。また、伝送されるソリトンのジッタを抑制できるようにするスリップガイドフィルタシステムも提案されている。これについては E P - A - 0576208 を参照されたい。

【0005】 最後に、回線における信号の再生を保証するために、振幅同期変調器または位相同期変調器においてカー効果を利用することが提案されている。これらの技法は高周波成分を必要とし、このことから全光学的アプローチが得策となる。そのために、振幅変調のためにループ形非線形ミラー (NOLM) を、また位相変調のためにファイバ自体を使用することができる。したがって、1996年10月30日ニース (フランス) で開催された国内誘導光学会議における S. Bigo、P. Brindel、O. Leclerc の報文は、全光学的位相変換によるソリトン信号の再生を記載している。ソリトン信号に光クロックを重ね、光クロックはソリトン信号のパルスに非線形位相差を刻み込み、同時に光クロックはパルスと共に光ファイバの中を共伝搬し、ファイバの一セクションは、ソリトン信号と光クロックとの間のスリップ効果を最小にするように選択されている。T. Widdowson 他 「Soliton shepherding (ソリトン誘導): all optical active soliton contro

l over global distances (全距離にわたる全光学能動ソリトン制御)」(IEE Electron. Letters第30巻第12号990ページ(1994年))を参照することができる。

【0006】また、ソリトン信号光ファイバ伝送システムの通信量を増加するために、波長多重化を使用することが提案されている。この場合には、波長多重信号と完全に両立するファブリペロー型すべり誘導フィルタを使用することが有利であると考えられている。これに反して、波長多重ソリトン信号再生のための同期変調器の使用は、異なったチャンネルの信号の間で群速度が異なるので問題がある。

【0007】E. Desurvire、O. Leclerc、O. Audouinの論文(Optics Letters第21巻第14号)は、同期変調器の使用と両立する波長割当ての概略を記載している。この論文は、多重送信のさまざまなチャンネルに波長を割り当てる、その結果、中継器間の所定の間隔について、さまざまなチャンネルの信号が中継器に到達しながら同期化されることを提案している。こうして、所定の間隔で、離散変調器を使用してすべてのチャンネルのオンライン同期変調が可能になる。この論文は、五つのチャンネルについてビット時間の相対変化が5%以下にとどまることを確認できるようにする、 $5 \times 10^{-3}$ の中継器位置決め相対変化の最大値を明確に述べている。したがって、この技法は、ファイバにおける分散がさまざまなチャンネルと変調を保証するクロックとの間のスリップをひき起こすので、カー効果を使用するかまたは分散全光学的変調器に直接適用することはできない。

【0008】また、S. Bigoの「Traitement de signal tout-optique pour la transmission a tres haut debit de solitons par fibre optique」(光ファイバによる大量ソリトン伝送のための全光学的信号処理)(1996年ブザンソン大学学位論文)を参照すると、NOLMまたはファイバなどのカー効果を使用する全光学的変調器を、使用されるクロックが正弦曲線であるときに、色分散と損失に起因するスリップ(ウォークオフ)にもかかわらず、ソリトン列とともに同期化される離散的な正弦曲線変調器として考えることができ、また変調すべき信号とクロックとの間の時間差を調節できることが示されている。

【0009】

$$\Delta_i = \frac{-1}{2\pi B} \left\{ \arctan \left[ \frac{\sin(2\pi B \tau_i)}{\cos(2\pi B \tau_i) - 1/\Gamma} \right] - \arctan \left[ \frac{2\pi B \tau_i}{\ln(\Gamma)} \right] \right\}$$

【0017】ただし、 $\Gamma$ は間隔 $Z_R$ の長さに対するファイバにおける全損失を示し、 $\tau_i$ はビット通信量 $B$ によって標準化された間隔 $Z_R$ にわたるチャンネル $i$ とクロックとの間の相対スリップを示す。

【0018】光変調装置は、

【発明が解決しようとする課題】本発明は、波長多重ソリトン信号の全光学的変調の問題に対する独自の簡単な解決法を提案する。本発明によって、群速度間の差によってひき起こされるスリップにもかかわらず、波長多重ソリトン信号に、振幅または位相分散光変調の周知の解決法を適用することができる。

【0010】

【課題を解決するための手段】より正確には、本発明は、ビット時間 $1/B$ の倍数にほぼ同じであるさまざまなチャンネル間の相対スリップを所定の間隔 $Z_R$ について保証するように、多重送信のさまざまな波長が選択される、ソリトン信号波長多重化式光ファイバ伝送システムであって、伝送システムの少なくとも一つの点において、前記の点に導入されるクロックによる分散光変調の際に、各チャンネルについてクロックによって誘導され変調の長さにわたって積分された非線形位相曲線の極値が、ビット時間の中央と一致するように、さまざまなチャンネルのソリトンパルスが所定の基準値に対して時間差を示すことを特徴とする、ソリトン信号波長多重化式光ファイバ伝送システムを提案する。

【0011】一実施形態では、多重送信の波長 $\lambda_i$ の全体について、チャンネル $i$ と第一チャンネルにおける長さの単位当たりスリップ差 $\delta \tau_i$ は、次の関係式を満足する。

$$[(k_i \cdot T - T/4) < \delta \tau_i \cdot Z_R < (k_i \cdot T + T/4)]$$

ただし、 $k_i$ はチャンネルに依存する整数、 $T$ はビット時間である。

【0013】前記の間隔 $Z_R$ の倍数の距離で伝送システムに沿って分離された、少なくとも二つの分散光変調装置を用意することができる。

【0014】一実施形態では、光変調装置は

- 前記のチャンネルの一部をろ過するための手段、
- ろ過された信号から一つの正弦曲線クロックを回収する手段、
- クロックをファイバの中に結合するための手段、を含む。

【0015】この場合、各チャンネル $i$ のための時間差 $\Delta_i$ は下記の式で得られる。

【0016】

【数5】

- 前記のチャンネルの一部をろ過するための手段、
- ろ過された信号から一つの正弦曲線クロックを回収する手段、
- さまざまなチャンネルのソリトン信号が通るループ形非線形ミラー、および

ー クロックをループ形非線形ミラーの中に結合するための手段、  
も含むことができる。

【0019】この場合、各チャネル*i*のための時間差 $\Delta_i$

$$\Delta_i = \frac{-1}{\pi B} \left\{ \arctan \left[ \frac{\sin(\pi B \tau_i)}{\cos(\pi B \tau_i) - 1/\Gamma} \right] - \arctan \left[ \frac{\pi B \tau_i}{\text{Ln}(\Gamma)} \right] \right\}$$

【0021】ただし、 $\Gamma$ はミラーのファイバにおける全損失を示し、 $\tau_i$ はビット通信量*B*によって標準化されたミラーにおけるチャネル*i*とクロックとの間の相対スリップを示す。

【0022】好ましくは、このシステムは、ブラッグフィルタなどの光変調装置における変調によって引き起こされるさまざまなチャネルの相対的減衰を補償する転送機能を示す、少なくとも一つのフィルタを具備する。

【0023】NOLMの場合には、さらにソリトン信号とクロック信号とを確実に分離するように、ループ形非線形ミラーの出力側に、各フィルタを配置することができる。

【0024】このシステムは少なくとも一つのガイドフィルタを呈することもできる。

【0025】本発明はまた、ビット時間 $1/B$ の倍数にほぼ同じであるさまざまなチャネル間の相対スリップを所定の間隔 $Z_R$ について保証するように、多重送信のさまざまな波長が選択される、ソリトン信号波長多重化式光ファイバ伝送システムにおける伝送方法であって、伝送システムの少なくとも一つの点において、前記の点に導入されるクロックによる分散光変調の際に、各チャネルについてクロックによって誘導され変調の長さにわたって積分された非線形位相曲線の極値が、ビット時間の

$$\Delta_i = \frac{-1}{2\pi B} \left\{ \arctan \left[ \frac{\sin(2\pi B \tau_i)}{\cos(2\pi B \tau_i) - 1/\Gamma} \right] - \arctan \left[ \frac{2\pi B \tau_i}{\text{Ln}(\Gamma)} \right] \right\}$$

【0032】ただし、 $\Gamma$ は間隔 $Z_R$ の長さにわたるファイバにおける全損失を示し、 $\tau_i$ はビット通信量*B*によって標準化された、間隔 $Z_R$ にわたるチャネル*i*とクロックとの間の相対スリップを示す。

【0033】ループ形非線形ミラーにおける分散光変調

$$\Delta_i = \frac{-1}{\pi B} \left\{ \arctan \left[ \frac{\sin(\pi B \tau_i)}{\cos(\pi B \tau_i) - 1/\Gamma} \right] - \arctan \left[ \frac{\pi B \tau_i}{\text{Ln}(\Gamma)} \right] \right\}$$

【0035】ただし、 $\Gamma$ はミラーのファイバにおける全損失を示し、 $\tau_i$ はビット通信量*B*によって標準化された、ミラーにおけるチャネル*i*とクロックとの間の相対スリップを示す。

【0036】変調段階によって引き起こされるさまざまなチャネルの相対的減衰を補償する転送機能を示す一つのフィルタによる、少なくとも一つの信号のろ過段階を

$i$ は、有利に下記の式で得ることができる。

【0020】

【数6】

中央と一致するように、さまざまなチャネルのソリトンパルスが所定の基準値に対して時間差を示すような、さまざまなチャネルのソリトンパルスの放射を特徴とする、ソリトン信号波長多重化式光ファイバシステムの伝送方法を提案する。

【0026】一実施形態では、多重送信の波長 $\lambda_i$ の全体について、チャネル*i*と第一チャネルとにおける長さの単位当りスリップ差 $\delta \tau_i$ は、次の関係式を満足する。

$$\left[ (k_i \cdot T - T/4) < \delta \tau_i \cdot Z_R < (k_i \cdot T + T/4) \right]$$

ただし、 $k_i$ はチャネルに依存する整数である。

【0028】前記の間隔 $Z_R$ の倍数の距離で、少なくとも一つの分散光変調段階を準備することは有利である。

【0029】光変調段階は、ループ形非線形ミラーまたは伝送ファイバにおける分散光変調を正弦曲線クロックを使用して含むことができる。

【0030】伝送ファイバにおける分散光変調の場合には、各チャネル*i*のための時間差 $\Delta_i$ は例えば下記の式で得られる。

【0031】

【数7】

の場合には、各チャネル*i*のための時間差 $\Delta_i$ は好ましくは下記の式で得られる。

【0034】

【数8】

準備することができる。

【0037】本発明の他の特徴と利点は、例示として挙げた本発明の実施の形態に従う説明を、添付の図面を参照して読むことによって明らかになろう。

【0038】

【発明の実施の形態】本発明を実行するために、規則的な間隔 $Z_R$ でファイバに沿って、ビット時間の倍数にほ

ほ等しい異なるいくつかのチャネル間の相対スリップを保証する、波長割当て概念が選択される。これは、各チャネルについて次の式で表すことができる。

$$【0039】(k_i \cdot T - T/4) < \delta \tau_i \cdot Z_R < (k_i \cdot T + T/4)$$

ただし、 $T$ はビット時間であり、 $k_i$ はチャネルに依存する整数、および $\delta \tau_i$ はチャネル1に対するチャネル $i$ のスリップである。この式は、間隔 $Z_R$ から、スリップによって引き起こされる異なるいくつかのチャネルの間の時間差は、ビット時間の4分の1を除けば、ビット時間の整数倍であるという事実を表現している。こうして、ビット時間が放射に正確またはほぼ正確に一致する範囲内で、ビット時間の $Z_R$ の間隔との正確またはほぼ正確な一致が保証される。

【0040】特に、先に述べたE. Desurvire他の論文に記載された波長割当て概念を使用することができ、これは上記の問題についてさらに正確を期すために参照されよう。もちろん、他の波長割当て概念も可能である。

【0041】本発明は、ソリトン信号波長多重化式光ファイバ伝送システムにおいて、このような周波数割当て概念に、異なるいくつかのチャネルのソリトン信号の間

$$\Delta_i = \frac{-1}{2\pi B} \left\{ \arctan \left[ \frac{\sin(2\pi B \tau_i)}{\cos(2\pi B \tau_i) - 1/\Gamma} \right] - \arctan \left[ \frac{2\pi B \tau_i}{L_n(\Gamma)} \right] \right\}$$

【0045】ただし、 $\Delta_i$ は所定の基準に対するチャネル $i$ の時間差を示し、 $B$ はビット通信量を示し、 $\Gamma$ は間隔 $Z_R$ の長さにあたるファイバにおける全損失を示し、 $\tau_i$ はビット通信量によって標準化された間隔 $Z_R$ にあたるチャネル $i$ とクロックとの間の相対スリップを示す。

【0046】ループ形非線形ミラーについては、時間差の可能値は同じ式で得られるが、この場合には、 $B$ はビット通信量の半分を示し、 $\Gamma$ はNOLMのファイバにおける損失を示し、 $\tau_i$ はビット通信量によって標準化されたNOLMにおけるチャネル $i$ とクロックとの間の相対スリップを示す。

【0047】このような位相差または時間差の放射への適用によって、離散的半導体変調器によって保証される効果と同じ効果を持つ正弦曲線信号によるすべてのチャネルの分散光変調を適用することができる。伝送ファイバに沿って周期的にビット時間の正確またはほぼ正確な一致を保証するチャネルの波長割当て概念を選択する範囲内において、このような周期的分散光変調を間隔 $Z_R$ の各々またはいくつかに適用することができる。実際に、各間隔 $Z_R$ におけるさまざまなチャネル、さらに正確にはさまざまなチャネルのビット時間は、同じ時間差を示す。

【0048】図1は、分散光変調のために伝送ファイバの中でカー効果を使用する場合の、本発明の第一実施形態を示す。図1の伝送システムは、発信器 $T \times 1$ 、ファ

の一組の位相差または時間差を関連させることを提案する。これらの位相差または時間差の適切な選択によって、独自の正弦曲線クロックによって、すべてのチャネルにおいてソリトンパルスの分散変調を使用できることが明らかになり、この位相差または時間差の選択はファイバに沿って規則的間隔で繰り返され、この間隔は波長割当て概念の間隔である。そこで、規則的間隔の各々またはいくつかによって、波長多重信号の異なるいくつかのチャネルの分散光変調に着手することができる。

【0042】変調長さ全体にわたって積分されたクロックによって誘導された非線形位相曲線の極値が、ビット時間の中央と一致するように、異なるいくつかのチャネルの相対時間差が選択され、これは波長多重送信チャネルの各々について行われる。これは、クロックとさまざまなチャネルの信号との間のスリップとは関係なく、各チャネルが独特のクロック正弦曲線信号によって変調可能であることを保証する。

【0043】カーファイバにおける分散光変調の場合には、この一致を保証するための時間差の可能値は次の式で得られる。

【0044】

【数9】

イバセクション3に接続された受信器 $R \times 2$ 、および $n$ 個のセクション $4_i$  ( $i = 1 \sim n$ )を含む。発信器1は、さまざまな波長多重送信チャネルにおいて、波長 $\lambda_1$ から $\lambda_n$ までのソリトンパルスを第一セクション $i = 1$ に発信する。さまざまな波長は周波数割当て概念にしたがって選択され、この周波数割当て概念は、所定の間隔 $Z_R$ について、ビット時間の倍数にほぼ等しい異なるチャネル間の相対スリップを保証する。最後のセクション $i = n$ は、ソリトンパルスを受信器2に伝送するファイバ3に接続されている。

【0049】各セクション $4_i$ はファイバ長 $5_i$ を有し、この出力側は増幅器 $6_i$ に接続され、増幅器の出力側は光変調装置 $7_i$ の入力側を構成する。光変調装置の出力側は次のセクションのファイバ $5_{i+1}$ に接続され、すなわちこのセクションについてはファイバ3に接続されている。セクションの長さは、必要な場合には各セクションの端部において変調を処理することができるように、間隔 $Z_R$ に該当することが好ましい。

【0050】ここで光変調装置 $7_i$ の構造をさらに詳しく説明する。図1の実施形態では、変調は伝送ファイバにおけるカー効果による分散光変調である。増幅器の出力側は、次のセクションのファイバ $5_{i+1}$ に直接接続されている。この装置は、前記のチャネルの一つの一部をろ過するための手段、典型的には増幅器の出力側ファイバ $5_{i+1}$ で信号の一部を抽出するカップラ10<sub>i</sub>を含み、

抽出された信号はフィルタ11<sub>j</sub>に供給され、このフィルタはチャンネルの一つ例えば第一チャンネルを遮断する。  
 【0051】チャンネル1のこうしてろ過された信号は、ファイバ13<sub>j</sub>の出力側でクロック信号をビット周波数に供給するクロック回収手段12<sub>j</sub>に供給され、そして第一チャンネルのソリトン信号に対して $\Delta_j$ の量だけ時間がずらされる。ファイバ13<sub>j</sub>のクロック信号は、カップラ14<sub>j</sub>によってファイバ5<sub>j+1</sub>の中に結合され、多重送信のさまざまなチャンネルのソリトン信号を変調する。クロック回収手段は、当業者に周知のいずれの手段によっても作ることができる。

【0052】先に説明したように、各間隔 $Z_R$ で、すなわち図1の場合において各セクションのために変調装置を準備することが可能である。これは必ずしも必要ではないことは明らかである。また、当業者にとっては明らかになるとおり、増幅器6<sub>j</sub>と変調装置との相対位置を変更させることもできる。さらにまた、増幅器の個数を変更させること、すなわち各セクションに一つの増幅器を配置させないこと、またはセクション毎に一つ以上の増幅器を配置させることができる。

【0053】図2は、下から上に、放射におけるチャンネル1、2上の異なるソリトン信号の挙動を概略的に示す。先に説明したように、これら二つの信号はそれぞれ、図において点線で示す時間基準に対する時間差 $\Delta_1$ 、 $\Delta_2$ を表す。図3は、下から上に、受信器iのレベルにおけるチャンネル1、2上の異なるソリトン信号の挙動、ならびにクロックの挙動を概略的に示す。図3は、チャンネル1、2上の信号の挙動については、波長割当て概念の選択という事実から図2と類似しており、これがチャンネル間のビット時間の相対時間差によって保証されることは理解される。クロックは、時間基準に中心を合わせたビット周波数を有する正弦曲線信号である。

【0054】図4は、本発明の第二実施形態を示し、この場合には分散光変調のためにループ形非線形ミラーを使用する。図4は、図1と同じエレメント1、2、3、4<sub>j</sub>、5<sub>j</sub>、6<sub>j</sub>を含む。しかし、変調装置20<sub>j</sub>はループ形非線形ミラーを含む。増幅器の出力側は、光ファイバ非線形ミラー22<sub>j</sub>（「非線形光ミラー」すなわちNOLM）の入力側光カップラ21<sub>j</sub>に接続されている。カップラ21<sub>j</sub>は結合比 $\kappa/1-\kappa$ を有する。ソリトン信号はNOLM22<sub>j</sub>の中に結合され、矢印で示すように逆方向に伝搬する二つの信号に分離され、カップラ21<sub>j</sub>のレベルで再び組み合わされ、カップラ21<sub>j</sub>の出力側で反射される。出力信号はフィルタ23<sub>j</sub>に供給され、フィルタ23<sub>j</sub>の出力側はファイバ5<sub>j+1</sub>に接続されている。

【0055】NOLMは、クロックによってソリトン信号の変調を保証する。このクロックは、図1の装置におけるように、前記のチャンネルの一部のろ過およびクロックの回収によって得ることができる。図1におけるよう

に、増幅器の出力側ファイバの上で信号の一部を抽出するカップラ10<sub>j</sub>を使用することができ、抽出された信号はフィルタ11<sub>j</sub>に供給され、フィルタ11<sub>j</sub>はこれらのチャンネルの一つ、例えば第一チャンネルを切り離す。チャンネル1のこうしてろ過された信号はクロック12<sub>j</sub>の回収手段に供給され、この回収手段はファイバ13<sub>j</sub>の出力側に、ビット周波数の半分を有し第一チャンネルのソリトン信号に対して量 $\Delta_1$ だけ時間差のあるクロック信号を供給する。クロック回収手段は、当業者に周知のいずれの手段によっても作ることができる。

【0056】ファイバ13<sub>j</sub>のクロック信号は、カップラ24<sub>j</sub>によって矢印25<sub>j</sub>で示す方向にNOLM22<sub>j</sub>の中に結合される。クロックは、さまざまな多重送信チャンネルのソリトン信号を変調する。変調器としてのNOLMの機能動作についてさらに詳しくは、S. Bigo他の論文（IEE Electronics Letters第31巻第2号2191～2193ページ）、またはS. Bigo他の論文（Optics Letters第21巻第18号1463～1465ページ）を参照することが有利である。

【0057】NOLMの出力側ではフィルタ23<sub>j</sub>がクロックを切り離し、変調されたソリトン信号をファイバ5<sub>j+1</sub>に通過させる。

【0058】また、クロックをNOLMの中に二つの対称位置で二つの伝搬方向に結合することも予定することができる。このためには、例えばクロック回収手段12<sub>j</sub>とカップラ24<sub>j</sub>との間に結合比50/50を有するカップラを準備し、このカップラは手段12<sub>j</sub>の出力信号を第一クロックと第二クロックとに分離する。第一クロックは図4における組立てと同様にNOLMの中に結合され、第二クロックは、位相反転を受けた後に、第一クロックの方向と逆の伝搬方向にNOLMの中に結合される。第一クロックと第二クロックが位相反転状態になることを保証するために、ファイバ長の間に適切な差、すなわち光遅延線を準備することができ、またはさらに二つのクロックを直接供給するためのクロック回収手段を適合させることができる。この構成におけるNOLMの機能動作についてさらに詳しくは、S. Bigo他の論文（Optics Letters第21巻第18号1463～1465ページ）を参照することができよう。

【0059】また、例えばD. Sandel他の研究報告（Optical Fibers Communications 1994、FG2、310ページ）に記載されているような他の構成を予定することもでき、この場合NOLMの入力カップラは、図4のカップラのようなカップラ2/2の代りに、カップラ3/3である。変調すべきソリトン信号はカップラ3/3の中央の入力側に到達する。NOLMのループはカップラの第一および第三出力部に接続され、変調された信号はカップラの第三入力部を通じて伝送される。このような組立てのため

には、ソリトンのビット周波数を有するクロックが使用される。

【0060】とにかく、NOLMは分散光変調装置として機能し、多重送信のさまざまなチャネルの信号を確実に変調する。クロックとさまざまなチャネルの間の時間差を選択することから、スリップは問題を起こさない。

【0061】図1から図4までを参照して説明した本発明の実施形態では、分散光変調は多重送信のさまざまなチャネルの信号の不均一な減衰をひき起こすことは可能で、スリップが最も大きなチャネルの信号は、他のチャネルの信号よりも大きく減衰する可能性がある。これは一般に問題を生ずるものであってはならない。いずれにしても、減衰の均一性の不足をさまざまな手段で回避することは可能である。まず伝送システムの中に、さまざまなチャネルの相対減衰を補償する転送機能を有する少なくとも一つのフィルタを用意することができる。この場合には、最も大きなスリップを有するチャネルの波長のために、最も大きな利得を持つフィルタの転送機能を選択することになる。このために、例えば変調器のすぐ後に、ブラッグフィルタを使用することができる。NOLMを有する構成においては、クロックフィルタ機能を有するNOLMの出力側フィルタ $23_i$ の転送機能を適合させることもできる。

【0062】また、伝送システムの中に、ソリトンパルス確実に誘導し、ある程度まで減衰の不均一性を補償する狭いフィルタを用意することも可能である。例えば、波長多重化によく適合されるファブリペローフィルタを使用することができよう。

【0063】本発明による光変調は、最も大きなスリップを示すチャネルに対する変調の深さを減らす効果も有する。この効果は再生処理のための妨げにはならない。

【0064】もちろん本発明は、記載され表示された実施形態の例に限定されるものでなく、当業者が取り組みむことのできる多くの変形形態が可能である。こうして、例えばNOLMの他の組立てのような、記載されたものとは別の分散光変調システムを使用できることは明

白である。クロック回収に使用される信号を、第一チャネル上のみでなく、実際にどのチャネル上でもチャネルの組合せ上でも抽出することができる。結局、波長割当て概念は決して記載した例に限定されるものではない。また必要に応じて、記載した実施形態に対してフィルタまたは増幅器を追加または除外することもできる。本発明は、変調のために伝送ファイバ自体を使用する範囲において、図1を参照して記載した構成において特に有利である。また、他のクロック回収手段を使用することもでき、そして例えば位相ロックループを有する電圧制御局部発振器またはその他の周知の手段を使用することもできよう。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一実施形態による伝送システムの概略図である。

【図2】発信のための、図1のシステムの二つのチャネル上の信号の挙動を示す図である。

【図3】変調装置のレベルにおける図1のシステムの二つのチャネル上の信号の挙動、ならびに変調のために使用されるクロックの挙動を示す図である。

【図4】本発明の第二実施形態による伝送システムの概略図である。

#### 【符号の説明】

- 1 発信器
- 2 受信器
- 3、 $5_{i+1}$ 、 $13_i$  ファイバ
- $4_i$  ファイバセクション
- $6_i$  増幅器
- $7_i$  分散光変調装置
- $10_i$ 、 $14_i$ 、 $21_i$ 、 $24_i$  カップラ
- $11_i$ 、 $23_i$  フィルタ
- $12_i$  クロック回収手段
- $20_i$  光変調装置
- $22_i$  光ファイバ非線形ミラー
- $25_i$  矢印

【図1】

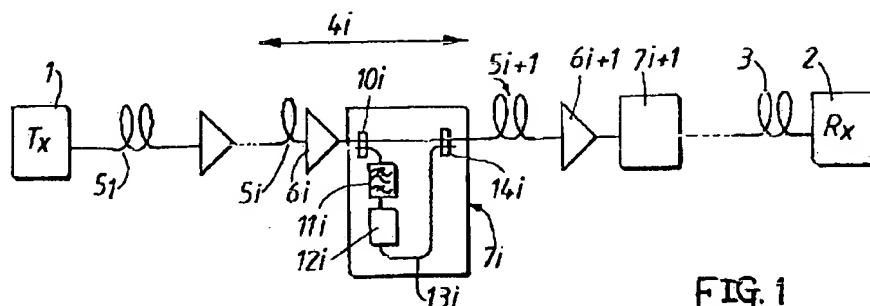
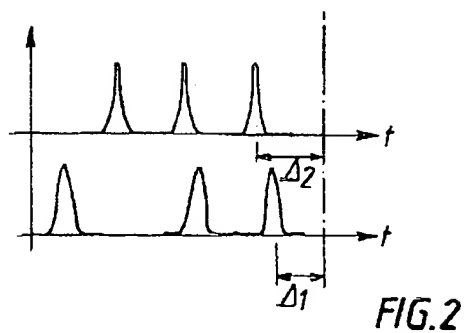
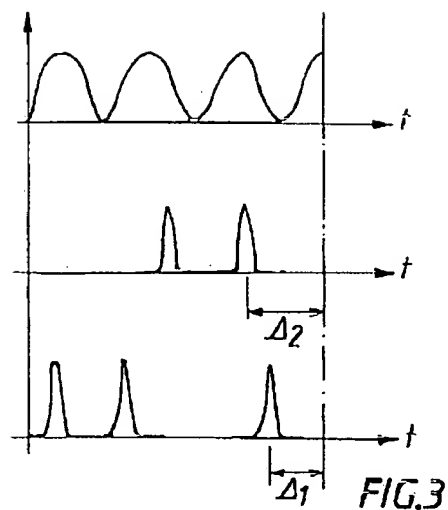


FIG. 1

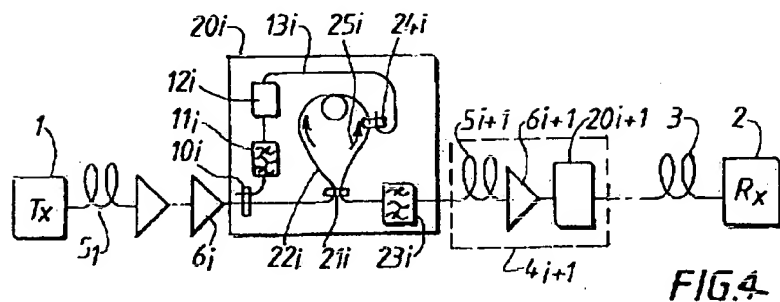
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 B 10/28  
10/26  
10/14  
10/04  
10/06

(72)発明者 オリビエ・ルクレール

フランス国、91420・サン・ミツシエル

シユル・オルジュ、リュ・ドウ・リエ・37